

**PENYELIDIKAN KEAUSAN RODA GIGI MIRING BAHAN
POLYETHYLENE DENGAN KONDISI KERING DAN
TERLUMASI**

SKRIPSI

OLEH :

**PARADE TUMPAL SIMANULLANG
228130113**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 2/9/25

Access From (repository.uma.ac.id)2/9/25

**PENYELIDIKAN KEAUSAN RODA GIGI MIRING BAHAN
POLYETHYLENE DENGAN KONDISI KERING DAN
TERLUMASI**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

Oleh :

PARADE TUMPAL SIMANULLANG

228130113

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Proposal : Penyelidikan Keausan Roda Gigi Miring Bahan Polyethylene Dengan Kondisi Kering dan Terlumasi
Nama Mahasiswa : Parade Tumpal Simanullang
NIM : 228130113
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing



Muhammad Yusuf Rahmansyah Siahaan, S.T., M.T.
Pembimbing



Dr. Eng. Supriatno, S.T., M.T.
Dekan



Dr. Iswandi, S.T., M.T.
Ka. Prodi

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulisan saya sendiri. Adapun bagian – bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain yang sudah saya tuliskan narasumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulis ilmiah

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi – sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 14 April 2025



Parade Tumpal Simanullang

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Parade Tumpal Simanullang

NPM :228130133

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Penyelidikan Keausan Roda Gigi Miring Bahan *Polyethylene* Dengan Kondisi Kering dan Terlumasi”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 14 April 2025

Yang menyatakan



(Parade Tumpal Simanullang)

ABSTRAK

Perkembangan industri pada kendaraan, kapal dan pesawat terbang memerlukan penerapan lebih lanjut dari teknologi roda gigi. Secara umum pengguna kendaraan bermotor menggunakan mesin dengan efisiensi tinggi. Keausan menjadi kerusakan progresif pada permukaan yang disebabkan oleh gerakan yang berhubungan dengan zat yang lain. Tujuan penelitian ini untuk membuat spesimen roda gigi miring bahan polyethylene untuk pengujian keausan dengan kondisi kering dan terlumasi. Serta menguji keausan spesimen roda dan menganalisis pengaruh beban yang bervariasi. Metode yang digunakan metode eksperimen yang merupakan pembuatan atau set tindakan dan pengamatan yang dilakukan dan bertujuan untuk mencari tahu penyebab terjadinya keausan pada roda gigi yang diteliti. Pengujian dilakukan pada putaran 25×10^5 , 50×10^5 , 75×10^5 , dan 100×10^5 tanpa pembebanan dengan rasio roda gigi 1:1. Untuk roda gigi berbahan polyethylene, data keausan rata-rata (dalam mm) pada gear adalah 0,164 pada putaran 25×10^5 , 0,270 pada 50×10^5 putaran, 0,413 pada 75×10^5 putaran, dan 0,539 pada 100×10^5 putaran. Pada roda gigi yang digerakkan (driven), data keausan rata-rata adalah 0,151 pada putaran 25×10^5 , 0,289 pada 50×10^5 putaran, 0,417 pada 75×10^5 putaran, dan 0,535 pada 100×10^5 putaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keausan meningkat seiring dengan peningkatan jumlah putaran.

Kata kunci : roda gigi, keausan, *polyethylene*

ABSTRACT

Industrial developments in vehicles, ships and aircraft require further application of gear technology. In general, motor vehicle users use engines with high efficiency. Generally, these machines operate at high speeds which can cause serious damage to materials. The aim of this research is to make polyethylene bevel gear specimens for wear testing under dry and lubricated conditions. As well as testing the wear of wheel specimens and analyzing the effect of varying loads. The method used is the experimental method which is the creation or set of actions and observations carried out and aims to find out the causes of wear on the gears under study. This study aims to develop straight gear specimens made of polyethylene for wear testing under dry and lubricated conditions, evaluate the wear on these specimens, and analyze the impact of varying loads on wear in both conditions. Testing was conducted at 25×10^5 , 50×10^5 , 75×10^5 , and 100×10^5 rotations without loading and with a gear ratio of 1:1. For the polyethylene gears, the average wear data (in mm) on the gear was 0.164 at 25×10^5 rotations, 0.270 at 50×10^5 rotations, 0.413 at 75×10^5 rotations, and 0.539 at 100×10^5 rotations. For the driven gears, the average wear data was 0.151 at 25×10^5 rotations, 0.289 at 50×10^5 rotations, 0.417 at 75×10^5 rotations, and 0.535 at 100×10^5 rotations. The results show that wear increases with the number of rotations.

Key words: Gears, Wear, Polyethylene.

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Batangtoru, pada tanggal 18 Juli 1998 dari pasangan Bapak St. Josmar Simanullang dan Ibu Santi Sihotang. Penulis merupakan anak ke enam dari tujuh bersaudara. Penulis bertempat tinggal di Jl.Lorong Kabung No 17 Pembangunan USU, Kecamatan Medan Selayang, Kabupaten Kota Medan, Sumatera Utara. Pada tahun 2004 penulis memulai pendidikan formal di SD Negeri 101398 desa telo. Selanjutnya pada tahun 2010 penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Batang toru. Kemudian pada tahun 2014 melanjutkan Pendidikan di SMK Negeri 2 Batang toru. Pada tahun 2017 penulis terdaftar menjadi mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik POLITEKNIK NEGERI MEDAN, pada tahun 2022 penulis melanjutkan menjadi mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik di UNIVERSITAN MEDAN AREA, penulis melaksanakan program PKL di PT. Perkebunan Nusantara IV PKS Kebun Adolina, Sumatera Utara selama tiga bulan. Selama berada di bangku kuliah, penulis aktif mengikuti perkuliahan, Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk penelitian kedepannya.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karuniaNya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini adalah keausan roda gigi dengan judul Penyelidikan Keausan Roda Gigi Miring Bahan Polyethylene Dengan Kondisi Kering dan Terlumasi..

Terimakasih penulis sampaikan kepada Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M. Eng., M. Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area. Bapak Dr. Eng. Supriatno, ST., MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Ibu Susilawati, S. Kom., M. Kom., selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Bapak Dr. Iswandi, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area. Bapak Muhammad Yusuf Rahmansyah Siahaan, S.T, M.T., selaku Dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing, memotivasi dan memberi saran kepada penulis dalam penulisan skripsi ini. Seluruh dosen pengajar dan pegawai Prodi Teknik Mesin Universitas Medan Area.

Terimakasih juga kepada orang tua yang penulis banggakan Bapak St. Josmar Simanullang dan Ibu Santi Br Sihotang sebagai Orang tua penulis, beserta keluarga yang memberikan dukungan dan doa untuk penulis dalam penulisan skripsi ini. Serta terima kasih kepada pariban saya Rona Yuliana Saragih., STr Kep Ners,. Seluruh teman-teman kerabat dekat yang senantiasa memberikan dukungan untuk penulis dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir/skripsi ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat

penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir/skripsi ini. Penulis berharap tugas akhir/skripsi ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terimakasih.

Penulis

Parade Tumpal Simanullang
NPM. 228130113



DAFTAR ISI

PENYELIDIKAN KEAUSAN RODA GIGI MIRING BAHAN <i>POLYETHYLENE</i> DENGAN KONDISI KERING DAN TERLUMASI.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	2
1.1. Latar Belakang.....	2
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan penelitian	3
1.4. Hipotesis Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Roda Gigi	5
2.2. <i>Polyethylene</i> (PE).....	16
2.3. <i>Polyformaldehyde</i> (POM)	17
2.4. Teflon	18
2.5. Mc Blue (<i>Monomer Casting Blue</i>).....	19
2.6. Perilaku Keausan	19
2.7. Sistem Pelumasan.....	25
BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	29
3.2. Bahan dan Alat	30
3.3. Metode Penelitian.....	34
3.4. Populasi dan Sampel	35
3.5. Prosedur Kerja.....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	40
4.1. Hasil Pembuatan Spesimen Roda Gigi.....	40
4.2. Hasil Pengujian Spesimen Roda Gigi.....	42
4.3. Pembahasan	48
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	60
5.1. Simpulan.....	60
5.2. Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA.....	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Bagian-Bagian Roda Gigi.....	7
Gambar 2.2. Roda Gigi Lurus	8
Gambar 2.3. Roda Gigi miring.....	11
Gambar 2.4. Roda Gigi Helical Ganda.....	12
Gambar 2.5. Roda Gigi Heliks (<i>Helical Gear</i>).....	12
Gambar 2.6. Roda Gigi Bevel (<i>Bevel Gear</i>).....	13
Gambar 2.7. Roda Gigi Hypoid (<i>Hypoid Gear</i>).....	14
Gambar 2.8. Roda Gigi Rack and Pinion	14
Gambar 2.9. Roda Gigi Cacing	15
Gambar 2.10. Jenis-Jenis Roda Gigi Miring	15
Gambar 2.11. Profil Material <i>Polyethylene (PE)</i>	17
Gambar 2.12. Profil Material POM (<i>Polyoxymethylene</i>)	18
Gambar 2.13. Profil Material Teflon.....	18
Gambar 2.14. Profil Material <i>Mc Blue (Monomer Casting Blue)</i>	19
Gambar 2.15. <i>Abrasive Wear</i>	21
Gambar 2.16. <i>Two - Body Abrasion</i>	21
Gambar 2.17. <i>Three - Body Abrasion</i>	22
Gambar 2.18. <i>Surface fatigue wear</i>	22
Gambar 2.19. <i>Tribo chemical wear</i>	23
Gambar 2.20. <i>Adhesive wear</i>	24
Gambar 3.1. Bahan <i>Polyethylene (PE)</i>	30
Gambar 3.2. oli transmisi SGMW API GL-5.....	30
Gambar 3.3. Mesin Uji Keausan	31
Gambar 3.4. <i>Scanner</i>	31
Gambar 3.5. Laptop.....	32
Gambar 3.6. <i>Thermogun</i>	32
Gambar 3.7. Tachometer	33
Gambar 3.8. Kertas Milimeter.....	33
Gambar 3.9. Spesimen Roda Gigi Miring Modul 2, Rasio 1:1	35
Gambar 3.11. Spesimen Roda Gigi Miring Modul 2, Rasio 1:0,75	35
Gambar 3.12. Proses Pembuatan Roda Gigi	37
Gambar 3.13. Prosedur Pengujian Keausan Roda Gigi.....	38
Gambar 3.14. Diagram Alir Penelitian.....	39
Gambar 4.1. Mesin Milling	41
Gambar 4.2. Roda Gigi PE Modul 2 Rasio 1:1	41
Gambar 4.3. Roda Gigi PE Modul 2 Rasio 1:0,75	42
Gambar 4.4. Pengujian Temperature Roda Gigi Miring Bahan <i>Polyethylene</i>	43
Gambar 4.5. Grafik tempratur kondisi terlumasi rasio 1:1 modul 2	44
Gambar 4.6. Grafik temperature kondisi kering rasio 1:1 modul 2	44
Gambar 4.7. Grafik temperature Kondisi terlumasi rasio 1:0,75 modul 2	45
Gambar 4.8. Grafik temperature kondisi kering rasio 1:0,75 modul 2	45
Gambar 4.9. Grafik Temperature Driver.....	49
Gambar 4.10. Grafik Temperature Driven	50
Gambar 4.11. Grafik Keausan modul 2 rasio 1:1 kondisi kering.....	52
Gambar 4.12. Grafik Keausan modul 2 rasio 1:1 kondisi Terlumasi	53

Gambar 4.13. Grafik Keausan modul 2 rasio 1:0,75 kondisi Kering 54
Gambar 4.14. Grafik Keausan modul 2 rasio 1:0,75 kondisi terlumasi 55



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Standart Sudut kemiringan Roda Gigi Miring	11
Tabel 3.1. Rencana Jadwal Penelitian Tugas Akhir	29
Tabel 3.2. Sampel	36
Tabel 4.1. Data Pembuatan Roda Gigi	42
Tabel 4.2. Ukuran parameter roda gigi miring modul 2 rasio 1:1	43
Tabel 4.3. Ukuran parameter roda gigi miring modul 2 rasio 1:0.75	43
Tabel 4.4. Data hasil pengukuran pengujian massa kondisi terlumasi 1:1	46
Tabel 4.5. Data hasil pengukuran pengujian massa kondisi kering 1:1	47
Tabel 4.6. Data hasil pengukuran pengujian massa kondisi terlumasi 1:0,75 .	47
Tabel 4.7. Data hasil pengukuran pengujian massa kondisi kering 1:0,75	48



DAFTAR NOTASI

A_0	= Luas awal (mm)
A_1	= Luas akhir (mm)
D_g	= Diameter lingkaran kaki (mm)
D_k	= Diameter lingkaran kepala (mm)
σ_b	= Kekuatan Tarik (Mpa/N)
τ_t	= Tegangan Tarik (Mpa/N)
d	= Diameter poros (mm)
D_a	= Diameter pitch/luar (mm)
D_f	= Diameter Dalam (mm)
D_p	= Diameter pitch (mm)
H	= Tinggi Gigi (mm)
H_a	= Tinggi kepala gigi (mm)
H_f	= Tinggi kaki gigi (mm)
m	= Modul (mm)
N	= Jumlah putaran per menit (rpm)
p	= Beban rata-rata (kg/mm ²)
T	= Torsi (Nm)
W	= Beban per satuan panjang (kg/mm)
z	= Jumlah Gigi (mm)
l	= Panjang poros (mm)
α	= Sudut tekan (Derajat)
(i)	= Perbandingan kecepatan antara penggerak dengan yang digerakkan (m/s)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Saat ini roda gigi sudah mengalami perkembangan yang sangat pesat, jauh dibandingkan pada saat awal mula ditemukannya yang hanya terbuat dari kayu dan disisipi gigi. Seiring perkembangan teknologi, roda gigi telah banyak mengalami perubahan, baik dari segi geometri maupun bahannya yang telah disesuaikan pada kegunaan roda gigi tersebut. (Raharja 2018).

Peran roda gigi dalam kendaraan maupun dunia industri sangat penting dalam menghubungkan atau meneruskan putaran daya yang dihasilkan dari proses energi kinetik menjadi energi mekanik. Roda gigi sangat dibutuhkan untuk mengimbangi pertumbuhan teknologi, terutama pada mesin yang ada kaitanya dengan transmisi roda gigi. Pada saat ini mesin-mesin modern dirancang untuk berjalan secara otomatis. Umumnya mesin mesin tersebut beroperasi pada putaran tinggi yang sangat memungkinkan mengakibatkan kerusakan suatu bahan atau material. Didalam aplikasi penggunaan transmisi roda gigi sering dijumpai suatu masalah yaitu keausan roda gigi. Keausan merupakan penguraian ketebalan permukaan akibat gesekan yang terjadi pada pembebanan dan Gerakan (Raharja 2018).

Roda gigi merupakan salah satu elemen mesin yang berfungsi untuk meneruskan daya dan putaran dari satu poros ke poros lainnya. Perkembangan industri yang cepat seperti pada kendaraan, kapal dan pesawat terbang memerlukan penerapan lebih lanjut dari teknologi roda gigi. Secara umum

Pada saat ini mesin-mesin modern dirancang untuk berjalan secara otomatis. Umumnya mesin-mesin tersebut beroperasi pada putaran tinggi yang sangat mengakibatkan kerusakan suatu bahan atau material.

Keausan paling umum di definisikan yaitu hilangnya sebagian material. Keausan adalah kerusakan progresif pada permukaan yang disebabkan oleh gerakan yang berhubungan dengan zat yang lain. Sebagai komponen yang selal bergerak kerusakan pada roda gigi didominasi oleh faktor keausan. Untuk bahan non-logam, penelitian tentang keausan pada roda gigi telah lama dilakukan pada berbagai jenis roda gigi, mulai dari roda gigi lurus hingga roda gigi cacing. Roda gigi dengan bahan acetal, diamati keausan yang terjadi dengan menggunakan alat Optik dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) diperoleh hasil bahwa keausan terjadi pada flanks disekitar garis pitch berbeda untuk roda gigi penggerak (drive) dan roda gigi yang digerakkan (driven) (Siregar 2015).

Keausan merupakan penguraian ketebalan permukaan akibat gesekan yang terjadi pada pembebanan dan gerakan. Keausan umumnya dianalogikan sebagai hilangnya material sebagai akibat interaksi mekanik dua permukaan yang saling bergesekan dan dibebani. Karena roda gigi tersebut bekerja terus menerus, roda gigi akan terus menerus berputar, maka dampaknya adalah roda gigi tersebut semakin lama akan semakin aus. Jenis roda gigi yang penulis teliti saat ini adalah roda gigi miring berbahan *polyethylene*, karena saat ini kita jarang menemukan jenis roda gigi yang berbahan dasar *polyethylene*, maka penulis tertarik untuk mengadakan penelitian roda gigi miring yang berbahan *polyethylene* serta penyelidikan keausan roda gigi miring dengan kondisi kering dan terlumasi dengan menggunakan bahan *polyethylenetersebut*. Skripsi ini menjelaskan bagaimana mengidentifikasi keausan

roda gigi miring berbahan *polyethylene*. Untuk menunjukkan dengan jelas pengaruh keausan roda gigi miring bahan *polyethylene* dengan kondisi kering dan terlumasi, maka dilakukan percobaan dan pengujian yang besar. Dengan dasar ini maka penulis tertarik untuk mengadakan penelitian dan percobaan sebagai tugas akhir Sarjana dengan judul: “Penyelidikan Keausan Roda Gigi Miring Bahan *Polyethylene* Dengan Kondisi Kering dan Terlumasi”.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang masalah, terdapat berbagai objek yang berhubungan pada penelitian ini diantaranya:

1. Bagaimana membuat specimen roda gigi miring bahan polyethylene untuk menguji keausan ?
2. Bagaiman menguji keausan spesimen roda gigi miring bahan polyethylene dengan kondisi kering dan terlumasi?.
3. Bagaimana menganalisis putaran yang bervariasi terhadap uji keausan spesimen roda gigi miring bahan polyethylene dengan kondisi kering dan terlumasi?

1.3. Tujuan penelitian

Tujuan penelitian diperlukan untuk menghindari pembahasan atau pengkajian yang tidak terarah dan agar dalam pemecahan masalah dapat dengan mudah dilaksanakan. Adapaun tujuan masalah dalam penelitian ini adalah.

1. Membuat spesimen roda gigi miring bahan *polyethylene* untuk pengujian keausan dengan kondisi kering dan terlumasi.
2. Menguji keausan spesimen roda gigi miring bahan *polyethylene* dengan kondisi kering dan terlumasi.

3. Menganalisis pengaruh putaran yang bervariasi terhadap uji keausan spesimen roda gigi miring bahan *polyethylene* dengan kondisi kering dan terlumasi.

1.4. Hipotesis Penelitian

1. Hipotesis dalam penelitian ini menyatakan penyelidikan ini dapat berguna untuk mengetahui manfaat, kelebihan, kelemahan serta hasil yang dapat membuat kesimpulan apakah bahan *polyethylene* cocok sebagai bahan komponen roda gigi serta pengaruh di saat kondisi kering dan terlumasi.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini berkenaan memberikan manfaat ilmiah dan manfaat praktis. Yakni:

2. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan pengetahuan kepada pembaca tentang keausan pada roda gigi miring bahan *polyethylene*.
3. Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan pengetahuan kepada pembaca mengenai keausan roda gigi miring bahan *polyethylene* dengan kondisi kering dan terlumasi.
4. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sumber referensi bagi peneliti yang sejenis berikutnya, khusus dalam pembuatan dan pengujian roda gigi bahan *polyethylene*

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Roda Gigi

Roda gigi (gear) adalah komponen mekanika yang digunakan untuk mengtransfer energi ke gigi lainnya, hal ini disebabkan karena gigi pada roda gigi saling menyentuh. Bentuk roda gigi memiliki bentuk lengkungan khusus yang disebut involute, dimana tujuannya adalah untuk meminimalisasikan keausan dan gesekan. Roda gigi pada umumnya dimaksudkan adalah suatu benda dari logam atau non logam yang bulat dan pipih pada pinggirnya bergerigi. Roda gigi sangat berguna untuk memindahkan gaya dari suatu roda gigi ke gigi yang lain. Pada umumnya roda gigi dibuat dari bahan logam untuk memindahkan beban yang berat, kalau gaya yang dipindahkan tidak berat dapat digunakan roda gigi dari bahan non logam (Hantoro 2006).

Penggunaan roda gigi bertujuan untuk mentransfer tenaga atau gerakan dari satu komponen mekanis ke komponen lainnya dengan efisiensi tinggi. Roda gigi memainkan peran kunci dalam meningkatkan atau mengurangi torsi, dan mengoptimalkan transmisi daya dalam sistem mekanika. Tujuan utama penggunaan roda gigi adalah untuk menyediakan metode yang efisien, akurat, dan andal dalam mentransfer daya atau gerakan, serta untuk mengurangi keausan dan gesekan sebanyak mungkin selama proses transmisi (Siregar 2015). Roda gigi adalah komponen yang berbentuk bulat yang mempunyai gigi-gigi Dimana digunakan untuk mentransmisi gerak putar dan meneruskan daya dari suatu poros ke poros lain. Secara umum roda gigi dapat di bagi atas roda gigi spur, roda gigi miring, roda gigi kerucut, dan roda gigi cacing (Faisal et al. 2020) .

Secara umum, fungsi roda gigi adalah untuk mentransfer gaya dari poros penggerak ke poros yang digerakkan, mengubah putaran tinggi menjadi putaran rendah atau sebaliknya. Selain itu, roda gigi juga dapat digunakan untuk memindahkan cairan dari satu tempat ke tempat lain, seperti yang terjadi pada pompa roda gigi. Roda gigi biasanya dikelompokkan menjadi tiga kategori berdasarkan posisi poros yang digunakan dalam industri, yaitu posisi poros satu terhadap poros lainnya (Hantoro 2006). Adapun penggunaan roda gigi dikelompokkan menjadi 3 golongan yaitu

1. Poros sejajar satu sama lain. Roda gigi yang dipergunakan bentuk dasarnya adalah dua buah silinder yang saling bersinggungan menurut sebuah garis lukis. Roda gigi yang dipergunakan dapat sejajar dengan garis lukis silinder, atau membuat sudut dengan garis lukis.
2. Poros saling memotong. Roda gigi yang dipergunakan adalah roda gigi kerucut dengan puncak gabungan yang saling menyinggung menurut sebuah garis lukis.
3. Poros saling menyilang, gigi yang dipergunakan berbentuk roda ulir. Gigi-gigi ini bersilangan dan berinteraksi untuk mentransfer gerakan rotasi dari satu poros ke poros lainnya.

2.1.1. Bagian-Bagian Roda Gigi

Roda gigi adalah komponen mekanis yang digunakan untuk mentransfer daya dan gerakan antara dua atau lebih poros yang saling berhubungan. Nama-nama komponen utama roda gigi tertera pada gambar. Dimensi roda gigi diukur dengan menggunakan diameter lingkaran dasar, yakni lingkaran khayal yang mengelilingi tanpa slip (Budynas.2011).

umumnya memiliki ukuran lebih kecil, sementara roda gigi yang digerakkan disebut Gear dan cenderung memiliki ukuran yang lebih besar. Gigi lurus memiliki gigi yang menonjol radial dan sejajar dengan sumbu poros, dan telah digunakan sejak zaman kuno (Osakue 2016).

Beberapa contoh penggunaan roda gigi lurus antara lain untuk: roda gigi pemindah pada mesin bubut, mesin frais, roda gigi untuk pemindah cepat pada gearbox, starter pinion pada motor, hand winches untuk menggerakkan benda yang berat.



Gambar 2.2. Roda Gigi Lurus

2. Roda Gigi Miring

Roda gigi miring memiliki sudut kemiringan. Dua buah roda gigi miring dapat digunakan untuk menghubungkan dua poros yang tersusun paralel atau sejajar dari dua gigi yang bersinggungan. Sudut kemiringan setiap roda gigi sama, tetapi arah kemiringan roda gigi satu dengan lainnya berlawanan arah. Persinggungan gigi secara bertahap dan perpindahan beban secara rotasi dari satu gigi ke gigi lain mengakibatkan roda gigi miring memiliki kemampuan untuk memindahkan beban yang besar dengan putaran tinggi (Andrijono 2017) .

Roda gigi merupakan salah satu elemen mesin yang berfungsi untuk meneruskan daya dan putaran dari satu poros ke poros lainnya. Perkembangan industri yang cepat seperti pada kendaraan, kapal dan pesawat terbang memerlukan penerapan lebih lanjut dari teknologi roda gigi. Roda gigi miring banyak digunakan sebagai roda gigi transmisi daya karena relatif memiliki kerja lebih halus dan kebisingan rendah dengan Kapasitas beban besar dan kecepatan kerja lebih tinggi. Roda gigi miring memiliki kerja lebih halus karena sudut miring yang besar sehingga menambah panjang garis kontak roda gigi.

Roda gigi miring memiliki jalur gigi yang membentuk ulir pada silinder jarak bagi. Pada roda gigi miring tersebut, jumlah pasangan gigi yang saling membuat kontak serentak atau dapat disebut “perbandingan kontak”. Roda gigi miring lebih besar dari pada roda gigi lurus, sehingga pada saat pemindahan momen atau putaran melalui gigi-gigi tersebut, maka dapat berlangsung dengan halus. Sifat ini sangat baik untuk mentransmisikan putaran tinggi dan beban besar. Akan tetapi roda gigi miring memerlukan bantalan aksial dan kontak roda gigi yang lebih kuat dan kokoh, karena jalur gigi berbentuk ulir tersebut akan menimbulkan gaya reaksi yang sejajar dan poros.

Roda gigi miring digunakan untuk mentransmisikan gerakan dan daya antara dua poros yang berpotongan. Dalam permesinan umum, sudut persimpangan antara dua poros roda gigi miring sama dengan 90° (tetapi mungkin tidak sama dengan 90°). Mirip dengan roda gigi silinder, roda gigi miring memiliki kerucut pengindeksan, kerucut addendum, kerucut akar gigi, dan kerucut dasar. Kerucut memiliki ujung besar dan ujung kecil, dan lingkaran yang bersesuaian dengan ujung besar disebut lingkaran indeks (jari-jarinya adalah r),

Adapun perhitungan roda gigi sebagai berikut .:

a. Modul

$$dp = m.z \dots\dots\dots(2.1)$$

- dimana :
- m = Modul (mm)
 - dp = Diameter Pitch (mm)
 - z = Jumlah Gigi

b. Diameter Pitch

$$dp = da - 2.m \dots\dots\dots(2.2)$$

- Dimana :
- dp = Diameter Pitch (mm)
 - da = Diameter Addendum
 - m = Modul (mm)

c. Addendum

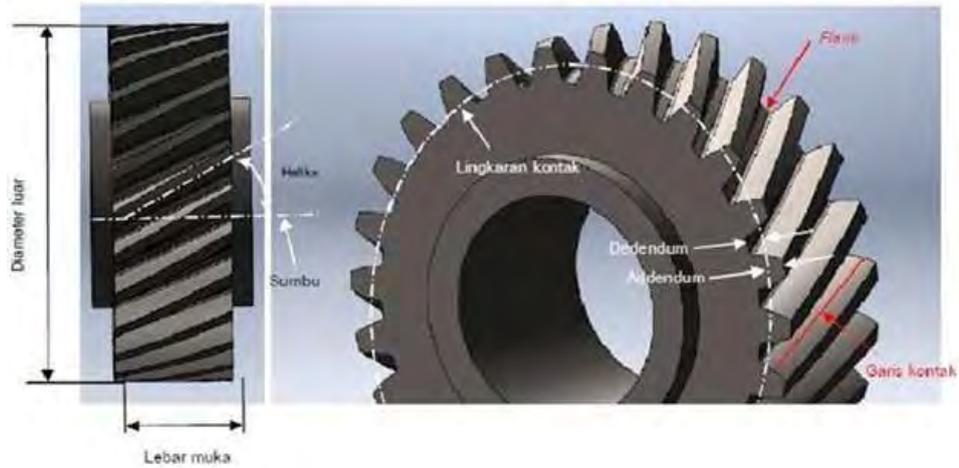
$$h_a = m \dots\dots\dots(2.3)$$

- h_a = Adendum (mm)
- m = Modul (mm)

d. Dedendum

$$h_f = 1,25.m \dots\dots\dots(2.4)$$

- h_f = Dedendum (mm)
- m = Modul (mm)



Gambar 2.3. Roda Gigi miring

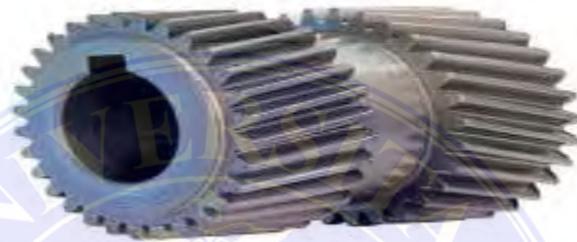
Pada roda gigi miring memiliki ketentuan sudut kemiringan roda gigi menunjukkan nilai sudut kemiringan yang umum digunakan dalam berbagai standar. Sudut kemiringan roda gigi adalah sudut antara garis aksial roda gigi dan garis singgung gigi. Kemiringan roda gigi yang lebih besar akan menghasilkan torsi yang lebih besar, tetapi juga akan menghasilkan gesekan yang lebih besar. Kemiringan roda gigi yang lebih kecil akan menghasilkan torsi yang lebih kecil, tetapi juga akan menghasilkan gesekan yang lebih kecil. Pemilihan nilai kemiringan roda gigi harus disesuaikan dengan kebutuhan aplikasi. Untuk aplikasi yang membutuhkan torsi yang besar, dapat digunakan kemiringan roda gigi yang lebih besar. Untuk aplikasi yang membutuhkan gesekan yang kecil, dapat digunakan kemiringan roda gigi yang lebih kecil. Dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2.1. Standart Sudut kemiringan Roda Gigi Miring

No	Standart	Sudut Kemiringan
1	ISO 529:1989	15, 20, 30
2	ANSI/AGMA 2001-D01	15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60
3	DIN 3960	15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60

3. Roda Gigi Helical Ganda

Roda gigi helical ganda, juga dikenal sebagai roda gigi helical berganda atau *double helical gear*, adalah jenis roda gigi miring yang memiliki dua set gigi yang miring pada roda gigi yang sama, dengan arah miring yang berlawanan satu sama lain. Dengan kata lain, gigi-gigi pada satu set membentuk spiral dalam satu arah, sementara gigi-gigi pada set kedua membentuk spiral dalam arah yang berlawanan.



Gambar 2.4. Roda Gigi Helical Ganda

4. Roda Gigi Heliks (*Helical Gear*)

Roda gigi heliks (*helical gear*) adalah jenis roda gigi miring yang memiliki gigi-gigi yang membentang sepanjang permukaan roda gigi dan membentuk spiral sepanjang sumbu rotasinya. Berbeda dengan roda gigi lurus, roda gigi heliks memiliki gigi-gigi yang tidak sejajar dengan sumbu rotasinya. *Helical gear* ini berfungsi untuk memindahkan gaya dari dua poros yang berbentuk sudut. Poros tersebut adalah *drive pinion dan ring gear*. *Drive pinion dan drive gear* disusun sejajar dan bersinggungan satu sama lain tanpa ada celah



Gambar 2.5. Roda Gigi Heliks (*Helical Gear*)

5. Roda Gigi Bevel (*Bevel Gear*)

Roda gigi bevel (*bevel gear*) adalah jenis roda gigi miring yang memiliki gigi-gigi yang membentuk sudut dengan sumbu rotasi mereka. Gigi-gigi ini membentuk permukaan kerucut pada roda gigi, dan sudut antara permukaan gigi dan sumbu roda gigi disebut sudut bevel. Roda gigi bevel digunakan untuk mentransmisikan daya antara dua poros yang memiliki orientasi yang berbeda. Roda gigi bevel berbentuk seperti kerucut terpotong dengan gigi-gigi yang terbentuk di permukaannya.



Gambar 2.6. Roda Gigi Bevel (*Bevel Gear*)

6. Roda Gigi Hypoid (*Hypoid Gear*)

Roda gigi hypoid adalah jenis roda gigi miring yang memiliki bentuk khusus yang disebut hypoid. Desain ini digunakan untuk mentransmisikan daya antara dua poros yang tidak sejajar dan tidak berpotongan, dan umumnya digunakan pada diferensial kendaraan bermotor, khususnya pada kendaraan dengan penggerak roda belakang. Mempunyai jalur gigi berbentuk spiral pada bidang kerucut yang sumbunya bersilang. Dan pemindahan gaya pada permukaan gigi berlangsung secara meluncur dan menggelinging. Contoh pemakaiannya seperti yang dipakai

pada roda gigi difensial otomobil. Sebenarnya roda gigi hypoid mirip dengan roda gigi bevel, namun kedua aksisnya tidak berpotonga



Gambar 2.7. Roda Gigi Hypoid (*Hypoid Gear*)

7. Roda Gigi Rack dan Pinion

Roda gigi rack merupakan roda gigi dengan gigi-gigi yang dipotong lurus. Sedangkan roda gigi penggeraknya dinamakan pinion. Roda gigi ini bertujuan untuk merubah gerak puitar roda gigi menjadi gerak lurus. Pinion pada umumnya mempunyai jumlah gigi dan ukuran yang lebih kecil dengan gigi lurus ataupun helik. Beberapa contoh penggunaan rack dan pinion ini adalah: pada penggerak eretan di mesin bubut, mekanisme kecepatan pada mesin planning, dan pengatur ketinggian pada mesin bor.



Gambar 2.8. Roda Gigi Rack and Pinion

8. Roda Gigi Cacing

Roda gigi cacing ialah suatu elemen transmisi yang dapat meneruskan daya dan putaran pada poros yang bersilang. Roda gigi cacing mempunyai gigi yang dipotong menyudut seperti pada roda gigi helik dan dipasangkan dengan ulir yang dinamakan ulir cacing. Penggunaan roda gigi ini biasanya untuk mereduksi

kecepatan, roda gigi ini dalam operasionalnya akan “mengunci sendiri” sehingga tidak dapat diputar pada arah yang berlawanan (Nugroho 2019).



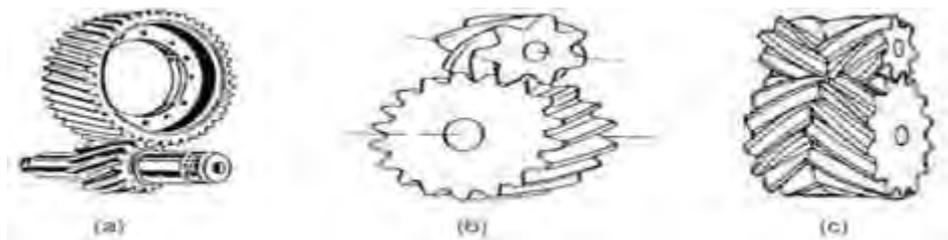
Gambar 2.9. Roda Gigi Cacing

2.1.3. Jenis-Jenis Roda Gigi Miring

Ada beberapa jenis roda gigi miring yang digunakan dalam sistem transmisi mekanis. Berikut beberapa di antaranya:

- a. Roda gigi miring biasa
- b. Roda gigi miring silang. gaya aksial yang timbul pada gigi yang mempunyai alur berbentuk V tersebut akan saling meniadakan, perbandingan reduksi, kecepatan keliling dan yang diteruskan dapat diperbesar, tetapi membuatnya sulit
- c. Roda gigi miring ganda

Berbagai varian roda gigi miring dapat terlihat dalam ilustrasi yang disajikan di bawah ini.



Gambar 2.10. Jenis-Jenis Roda Gigi Miring

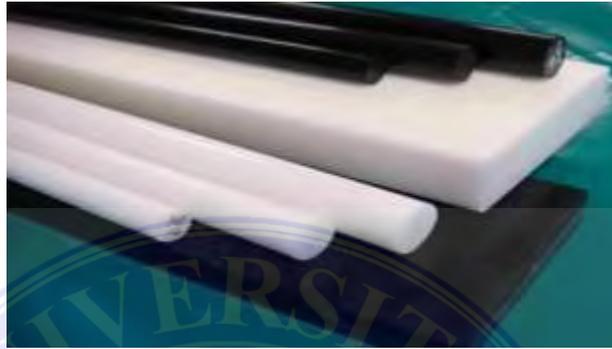
2.2. *Polyethylene (PE)*

Perkembangan dunia industri yang melesat dituntut untuk bisa menghasilkan produk dengan jumlah yang besar, presisi dan kualitas yang tinggi. Tingkat kekasaran permukaan menjadi salah satu faktor penting untuk meningkatkan kualitas produk. Dengan meningkatnya kebutuhan produk – produk manufaktur diiringi dengan kemajuan industri manufaktur. Material spesimen yang akan dilakukan pengujian pada penelitian ini yaitu polyethylene yang merupakan bahan termoplastik memiliki warna putih dengan titik leleh diantara 110 – 137 derajat celcius berdimensi panjang 125 mm dan berdiameter 52 mm. Polyethylene banyak digunakan dalam manufaktur seperti pembuatan komponen stopper, roda gigi, roller dan drift.

Polyethylene (PE) adalah salah satu jenis polimer termoplastik yang paling umum digunakan. Ini adalah material serbaguna yang memiliki berbagai aplikasi di berbagai industry (Paxton et al. 2019). Berikut adalah beberapa karakteristik dan penggunaan utama polyethylene :

1. Tahan Terhadap Bahan Kimia: Polyethylene memiliki ketahanan yang baik terhadap berbagai jenis bahan kimia,
2. Ringan dan Tahan Terhadap Air: Polyethylene adalah material yang ringan dan tahan terhadap air,
3. Tahan Terhadap Suhu Rendah: PE tetap fleksibel bahkan pada suhu rendah, menjadikannya pilihan yang baik untuk aplikasi di lingkungan beku.
4. Kekuatan dan Ketahanan Terhadap Aus: Meskipun tidak sekuat beberapa polimer lainnya, PE memiliki kekuatan yang baik

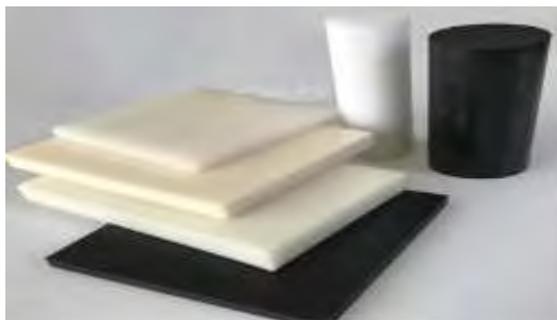
Polyethylene ditemukan dalam berbagai produk sehari-hari, seperti wadah makanan, botol minuman, tas plastik, pipa saluran air, dan berbagai produk kemasan. Kehadirannya yang melimpah dan sifat-sifatnya yang berguna menjadikannya salah satu plastik paling banyak digunakan di dunia.



Gambar 2.11. Profil Material *Polyethylene (PE)*

2.3. *Polyformaldehyde (POM)*

Polyoxymethylene (POM) dikenal juga sebagai *asetal*, *polyacetal* dan *polyformaldehyde* adalah jenis rekayasa termoplastik yang biasa digunakan pada bagian presisi yang memerlukan kekakuan tinggi, gesekan rendah dan stabilitas dimensi yang sangat baik. *Polyformaldehyde* adalah jenis rekayasa termoplastik yang sering digunakan dalam komponen presisi. Material ini memiliki kekakuan tinggi, gesekan rendah, dan stabilitas dimensi yang sangat baik. Sehingga, *Polyformaldehyde* umumnya digunakan pada bagian-bagian yang membutuhkan ketahanan mekanik dan kestabilan dimensi yang tinggi. Karena karakteristiknya yang kuat dan tahan aus, POM sering digunakan dalam pembuatan komponen presisi dalam industri otomotif, elektronik, dan manufaktur umum. Contoh aplikasinya meliputi roda gigi, bantalan, katrol, dan berbagai komponen mesin presisi lainnya. Keistimewaan POM membuatnya menjadi pilihan yang populer untuk penggunaan teknik dan rekayasa (Yulianto 2014).



Gambar 2.12. Profil Material POM (*Polyoxymethylene*)

2.4. Teflon

Teflon adalah merek dagang untuk politetrafluoroetilena (PTFE), yang merupakan polimer termoplastik yang sangat dikenal. PTFE ditemukan oleh perusahaan kimia Amerika DuPont dan diperkenalkan dengan merek dagang Teflon. Ini memiliki sifat yang unik dan sangat berguna dalam berbagai aplikasi. Teflon adalah plastic polimer industri yang di temukan oleh Dr. Roy J. Plunkett di laboratorium *Jackson, Du Pont's, New Jersey, US*, pada 6 april 1938. Pada tahun 1957 Mc Grew mengemukakan bahwa inti kimia dari polimer ini memiliki ketahanan terhadap suhu yang relative tinggi untuk kelas plastik dan memiliki nilai koefisien gesek yang relative rendah. Pemilihan Teflon untuk diangkat sebagai bahan penelitian disebabkan karena bahan Teflon memiliki ketahanan terhadap segala cuaca dan memiliki keahanan berbagai suhu yang sangat baik untuk kelas polimer (prabasworo 2018) .



Gambar 2.13. Profil Material Teflon

2.5. Mc Blue (*Monomer Casting Blue*)

Nilon Mc biru adalah jenis polimer yang dihasilkan melalui metode katalis-alkali anion (polimerisasi rantai terbuka) dan termasuk dalam kategori poliamida. Nilon Mc biru menunjukkan karakteristik kekuatan mekanikal yang tinggi dan memberikan kinerja pelumas mandiri yang efisien. Polimer ini umumnya dimanfaatkan dalam pembuatan gigi, bola, dan bantalan. Di industri manufaktur, Nilon Mc biru semakin menjadi pilihan yang populer, sering menggantikan peran bahan logam seperti tembaga, aluminium, dan baja. Singkatan "Mc" merujuk pada Monomer Casting dan tersedia dalam berbagai warna, termasuk hitam, putih gading, merah, dan tentu saja, biru. Keberadaan Nilon Mc biru dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.14. Profil Material *Mc Blue (Monomer Casting Blue)*

2.6. Perilaku Keausan

Keausan adalah sebuah fenomena yang sering terjadi dalam engineering. Keausan bukan hanya proses tunggal, tetapi beberapa proses berbeda yang dapat berlangsung independen atau secara bersamaan. Kompleksitas proses keausan dapat dibaca dengan mengetahui berbagai variabel yang terlibat, yaitu kekerasan, ketangguhan, kelenturan, modulus elastisitas, kekuatan tarik, kelelahan, dan

struktur permukaan yang saling bertemu, seperti geometri, temperatur, tegangan, distribusi tegangan, koefisien gesek, dan atmosfer dari permukaan yang aus (Zaenal Abidin 2010) . Berikut adalah rumus sederhana dalam menghitung persentase keausan yang terjadi pada spesimen.

$$Keausan = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana : A_1 : Luas Penampang Awal (mm^2)

A_0 : Luas Penampang Akhir (mm^2)

$$Keausan = m_0 - m_1 \dots \dots \dots (2.6)$$

$$Keausan\ total = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana : m_0 : Massa sebelum pengujian (Gram)

m_1 : Massa Sesudah Pengujian (Gram)

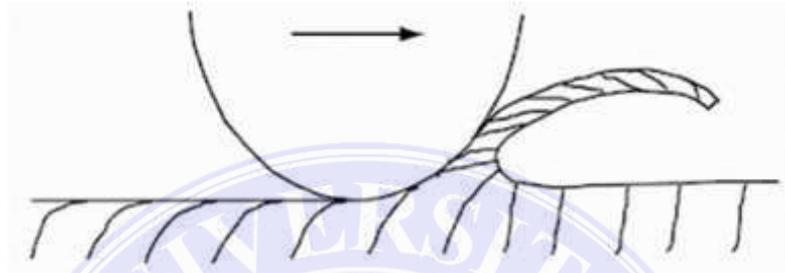
2.6.1. Jenis – Jenis Keausan

Keausan adalah suatu proses kompleks yang melibatkan penurunan material yang disebabkan oleh gesekan atau kontak berulang dengan benda lain. Proses ini dapat mengakibatkan perubahan struktural dan geometris pada permukaan material. Terdapat beberapa jenis keausan yang umum terjadi, di antaranya (Djunaidi 2016):

1. *Abresive Wear*

Dalam teknik mesin, gerakan-gerakan yang dapat menyebabkan keausan terutama terjadi pada komponen-komponen seperti bantalan luncur, roda gigi, peluncur, penghancur, dan sejenisnya. Keausan ini terutama disebabkan oleh gesekan dan beban mekanis yang terjadi selama operasi. Pada bantalan luncur, misalnya, keausan dapat timbul karena gesekan antara permukaan bantalan dan

poros yang berputar. Begitu pula pada roda gigi, peluncur, dan penghancur, gerakan yang berulang dan beban mekanis dapat memicu keausan pada permukaan komponen tersebut. Dalam konteks ini, pemeliharaan yang baik dan penggunaan pelumasan yang sesuai dapat membantu mengurangi keausan dan memperpanjang umur pakai komponen-komponen mesin.



Gambar 2.15. *Abrasive Wear*

2. *Two - Body Abrasion*

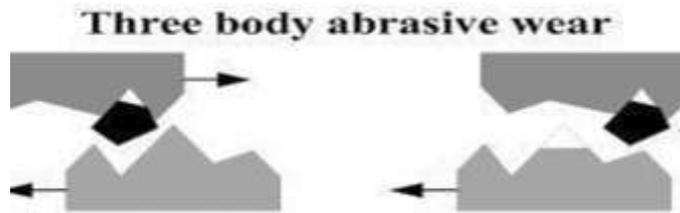
Keausan ini disebabkan oleh hilangnya material karena proses rubbing (penggarukan) oleh material lain yang lebih keras dibanding material yang lain. Sehingga material yang lunak akan terabrasi.



Gambar 2.16. *Two - Body Abrasion*

3. *Three - Body Abrasion*

Aus yang disebabkan proses galling sehingga serpihan hasil gesekan yang terbentuk (debris) mengeras serta ikut berperan dalam hilangnya material karena proses gesekan yang terjadi secara berulang-ulang. Jadi pengertian “tiga benda” disini adalah dua material yang saling bergesekan dan sebuah benda serpihan hasil gesekan. Sedangkan pada keausan “dua benda”, debris atau serpihan hasil gesekan tidak ada.

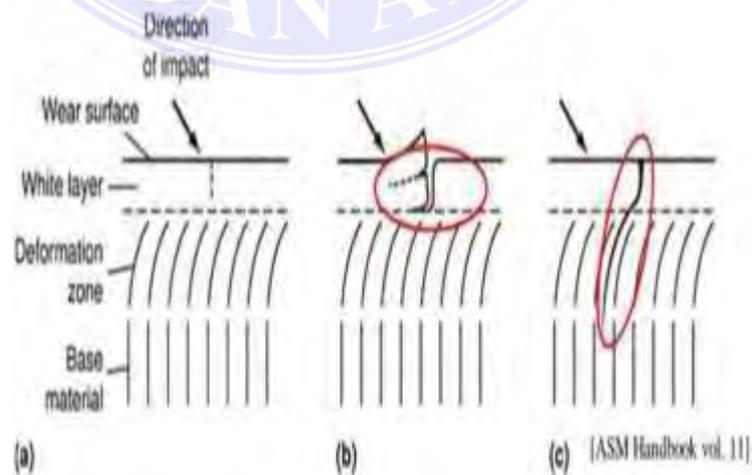


Gambar 2.17. *Three - Body Abrasion*

Debris berasal dari logam lembaran yang teradhesi pada permukaan alat cetak, kemudian karena proses pembentukan yang terjadi, serpihan ini akan menggaruk permukaan pelat, sehingga terjadilah keausan secara abrasif. Gambar 2.17 di atas adalah ilustrasi keausan jenis adhesif yang terjadi pada sheet metal forming antara tool dan logam lembaran yang berlanjut dengan keausan abrasive

a. *Surface fatigue wear*

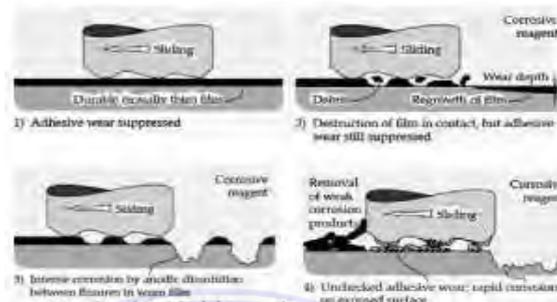
Keausan lelah pada permukaan pada hakikatnya bisa terjadi baik secara abrasif atau adhesif. Tetapi keausan jenis ini terjadi secara berulang-ulang dan periodik. Hal ini akan berakibat pada meningkatnya tegangan geser. Pada Gambar 18 mengilustrasikan tentang pertumbuhan retak pada permukaan benda. Ketidak sempurnaan dalam struktur material salah satu penyebabnya adalah lokasi yang kosong yang ada dalam susunan butir pembentuk material.



Gambar 2.18. *Surface fatigue wear*

b. Tribo chemical wear

Keausan kimiawi merupakan kombinasi antara proses mekanis dan proses termal yang terjadi pada permukaan benda serta lingkungan sekitarnya.

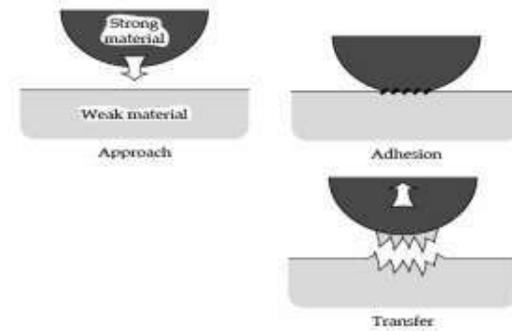


Gambar 2.19. *Tribo chemical wear*

Sebagai contoh, proses oksidasi yang sering terjadi pada sistem kontak luncur (sliding contact) antar logam. Proses ini lama kelamaan akan menyebabkan perambatan retak dan juga terjadi abrasi. Peningkatan suhu dan perubahan sifat mekanis pada asperiti adalah akibat dari keausan kimiawi. Keausan jenis ini akan menyebabkan korosi pada logam. Interaksi antara agen korosif dan permukaan yang rusak seperti terlihat dalam Gambar 2.19. Korosi diawali dengan keausan adhesif yang merusak lapisan film. Sliding yang terus menerus akan menghilangkan lapisan. Karena adanya bahan yang reaktif maka korosi berlangsung dengan cepat.

4. *Adhesive wear*

Keausan *adhesif* adalah salah satu jenis keausan yang disebabkan oleh terikat dan berpindahannya partikel dari suatu permukaan material yang lemah ke material yang lebih keras. Pada Gambar 2.20, proses itu bermula ketika benda dengan kekerasan yang lebih tinggi menyentuh permukaan yang lemah kemudian terjadi pengikatan. Pengikatan ini terjadi secara spontan dan dapat terjadi dalam suhu yang rendah atau moderat. Adhesive wear sering juga disebut *galling*, *scoring*, *scuffing*, *seizure*, atau *seizing* (I. Syafa'at 2008).



Gambar 2.20. *Adhesive wear*

2.6.2. Faktor-Faktor Terjadinya Keausan

Keausan adalah suatu proses gradual dimana material berkurang atau terkikis dari permukaannya sebagai hasil dari gesekan dengan material lain atau faktor-faktor lainnya. Beberapa faktor umum yang dapat menyebabkan keausan pada berbagai benda atau material meliputi:

1. Gesekan antara dua permukaan adalah penyebab utama keausan. Semakin tinggi gesekan antara dua material, semakin cepat keausan terjadi.
2. Pelumasan yang tidak memadai atau kurang dapat meningkatkan gesekan dan menyebabkan keausan. Oleh karena itu, penting untuk menggunakan pelumas yang sesuai untuk mengurangi gesekan dan panas yang dihasilkan.
3. Tekanan yang berlebihan pada permukaan dapat menyebabkan keausan,
4. Suhu tinggi dapat meningkatkan gesekan dan menyebabkan keausan. Pada suhu tinggi, material cenderung menjadi lebih lembut, yang dapat meningkatkan tingkat keausan
5. Pemilihan material yang tidak sesuai dengan tuntutan aplikasi dapat menyebabkan keausan. Material yang tidak tahan terhadap beban atau gesekan tertentu dapat mengalami keausan lebih cepat..

2.7. Sistem Pelumasan

Sistem Pelumasan Mesin adalah suatu sistem yang bertujuan memberikan lapisan film (oil film) untuk mencegah kontak langsung pada komponen-komponen yang bergesekan. Dari segi kegunaan, ada pelumas sangat kental seperti gel yang biasa disebut grease alias gemuk. Begitu kentalnya, gemuk akan menempel terus pada komponen yang dilumasi dan tidak akan menetes, sehingga cocok untuk komponen-komponen terbuka seperti engsel pintu, sendi-sendi batang kemudi (tie rod), lengan suspensi (Ikhsan 2018).

Fungsi dari suatu sistem pelumasan adalah untuk menyediakan jumlah minyak pelumas yang cukup dan dingin serta bersih ke dalam mesin untuk mengadakan pelumasan yang efektif dan cukup terhadap semua bagian yang saling bergesekan dan bergerak yang terjadi di dalam mesin itu sendiri (Sabilil 2021). Sistem Pelumasan dibagi menjadi dua yaitu :

2.7.1. Pelumasan Fluida Cair

Sistem pelumasan yang menggunakan cairan, biasanya berupa minyak pelumas, bertujuan untuk mengurangi gesekan dan keausan pada permukaan mesin yang bergerak. Dalam situasi ini, cairan tersebut, umumnya berupa oli pelumas, berperan sebagai medium yang membentuk lapisan pelumas di antara permukaan gesekan, sehingga dapat mengurangi gesekan dan panas yang timbul selama operasional. Fungsi ini membantu meningkatkan efisiensi, masa pakai mesin, dan kinerja secara keseluruhan dari sistem tersebut. Pada pelumas cair, kemampuan menahan beban cukup baik dan kemampuan pada putaran 700-3000 rpm yang sangat baik. Hal ini dikarenakan pelumas cair dapat melapisi bagian-bagian yang tidak dapat dijangkau oleh pelumas tipe lain karena viskositasnya rendah. Pelumas

cair memiliki viskositas rendah, sehingga dapat dilakukan proses sirkulasi dan penyaringan, dengan adanya proses sirkulasi, maka pelumas cair dapat melakukan proses pendinginan pada mesin. Oli-oli yang beredar di pasaran sebaiknya telah memiliki kode SAE dan API..

2.7.2. Pelumasan Padat

Pelumasan padat atau kental mengacu pada metode pelumasan yang menggunakan bahan padat atau kental sebagai agen pelumas. Berbeda dengan pelumasan cair yang memanfaatkan minyak atau cairan serupa, pelumasan padat melibatkan penggunaan bahan berkepadatan tinggi atau kental untuk membentuk lapisan pelumas di antara permukaan gesekan. Salah satu contoh paling umum dari pelumasan padat adalah penggunaan grease atau gemuk.

Keunggulan dari pelumasan padat atau kental mencakup resistensi terhadap tumpahan, kemampuan untuk melekat pada permukaan, dan daya tahan terhadap tekanan tinggi.

2.7.3. Pemilihan Bahan Pelumasan

Memilih bahan pelumas yang tepat membutuhkan pertimbangan dari berbagai perspektif. Oleh karena itu, seringkali proses pemilihan melibatkan konsultasi dengan para ahli, termasuk insinyur dari pabrik pelumas. Hal ini penting karena dalam setiap kasus, kebutuhan akan media pelumas yang cocok bisa berbeda. Bahan pelumas memegang peranan penting dalam konstruksi mesin, dengan karakteristik dan kekhususannya yang harus dipertimbangkan dengan cermat, sebagaimana halnya dengan material seperti baja yang digunakan dalam perancangan. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan pelumasan yang

sesuai dengan konstruksi mesin sejak awal, serta melakukan pengujian terhadap konstruksi untuk memastikan kesesuaian dengan pelumas yang digunakan.

2.7.4. Cara – Cara Pelumasan

Pelumasan adalah proses pelumasan atau pemberian pelumas pada mesin atau peralatan untuk mengurangi gesekan antara komponen-komponen yang bergerak. Proses ini sangat penting untuk menjaga agar mesin tetap berfungsi dengan baik dan memperpanjang umur pakai peralatan tersebut.

Berikut adalah langkah-langkah umum dalam proses pelumasan:

1. Identifikasi Poin Pelumasan: Tentukan bagian-bagian mesin yang memerlukan pelumasan. Ini bisa termasuk bantalan, poros, gigi, dan area gesekan lainnya.
2. Pilih Pelumas yang Tepat: Pilih jenis pelumas yang sesuai dengan kebutuhan mesin dan lingkungan kerjanya. Ini bisa berupa minyak pelumas, gemuk, atau pelumas kering, tergantung pada aplikasi dan suhu operasional.
3. Persiapkan Area Pelumasan: Pastikan area pelumasan bersih dari kotoran dan debris. Bersihkan area yang akan dilumasi dengan menggunakan pembersih yang sesuai agar pelumas dapat menjangkau permukaan dengan baik.
4. Aplikasikan Pelumas: Terapkan pelumas ke area yang membutuhkan pelumasan dengan menggunakan metode yang sesuai. Ini bisa berupa penyemprotan, pencelupan, atau aplikasi manual dengan alat bantu seperti sikat atau spatula.
5. Perhatikan Frekuensi Pelumasan: Tentukan jadwal pelumasan yang tepat sesuai dengan rekomendasi pabrikan atau pengalaman operasional.
6. Monitor Kinerja: Amati kinerja mesin setelah pelumasan untuk memastikan bahwa pelumas bekerja dengan baik dan tidak terjadi gesekan yang berlebihan.

7. Catat dan Dokumentasikan: Penting untuk mencatat semua kegiatan pelumasan, termasuk jenis pelumas yang digunakan, jumlah yang diterapkan, dan frekuensi pelumasan. Dokumentasi ini akan membantu dalam perencanaan pemeliharaan yang lebih baik di masa mendatang.

Penting untuk diingat bahwa proses pelumasan dapat bervariasi tergantung pada jenis mesin atau peralatan yang digunakan. Selalu ikuti panduan dan rekomendasi dari pabrikan untuk memastikan pelumasan yang efektif dan aman.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1. Waktu

Adapun waktu dan penelitian yang sejak tanggal di keluarkannya Surat keputusan tugas akhir dan penentuan dosen pembimbing dengan detail jadwal tugas akhir seperti terlihat pada tabel 3.1 sebagai berikut :

Tabel 3.1. Rencana Jadwal Penelitian Tugas Akhir

Aktifitas	Tahun 2024 – Tahun 2025						
	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Nov	April
Pengajuan Judul							
Penulisan Proposal							
Seminar Proposal							
Proses Penelitian							
Pengolahan Data							
Penyelesaian Laporan							
Seminar Hasil							
Evaluasi dan persiapan							
Sidang							
Sidang Sarjana							

3.1.2. Tempat

Tempat pelaksanaan penelitian dilakukan di laboratorium Fakultas Teknik Mesin Universitas Medan Area Kampus 1, Jalan Kolam.

3.2. Bahan dan Alat

3.2.1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah

1. *Polyethylene (PE)*

Polyethylene (PE) adalah salah satu jenis polimer termoplastik yang paling umum digunakan. Ini adalah material serbaguna yang memiliki berbagai aplikasi di berbagai industry.



Gambar 3.1. Bahan *Polyethylene (PE)*

2. Pelumas Oli

Adapun bahan pelumas yang digunakan yaitu oli transmisi SGMW API GL-5 yang digunakan untuk melumasi saat pengujian roda gigi dalam keadaan terlumasi



Gambar 3.2. Oli transmisi SGMW API GL-5

3.2.2. Alat

Adapun alat yang digunakan ialah sebagai berikut

1. Mesin Uji Keausan

Peralatan ini dipergunakan untuk menguji tingkat keausan pada spesimen roda gigi.



Gambar 3.3. Mesin Uji Keausan

2. Scanner

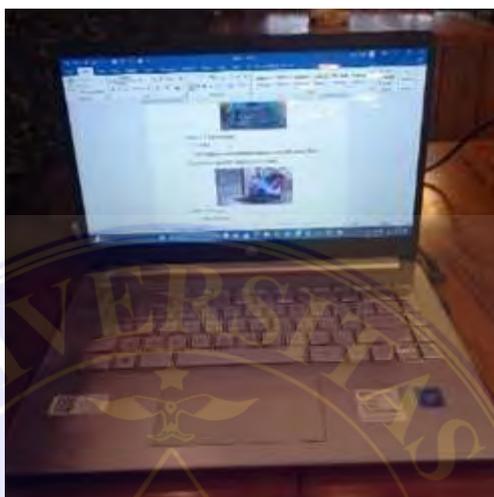
Scanner adalah alat yang digunakan untuk memindai gambar atau dokumen menjadi dokumen digital. *Scanner* digunakan sebagai pemindaian spesimen roda gigi sebelum dan sesudah diuji



Gambar 3.4. *Scanner*

3. Laptop

Laptop Digunakan untuk mengerjakan data penelitian serta menampilkan grafik dan dapat melihat hasil dari scanner untuk mengetahui kerusakan pada roda gigi miring yang di uji ..



Gambar 3.5. Laptop

4. Thermogun

Thermogun merupakan alat yang pada umumnya digunakan untuk mengukur suhu tubuh. *Thermogun* merupakan jenis *thermometer* inframerah untuk mengukur temperatur suhu.



Gambar 3.6. *Thermogun*

5. Tachometer

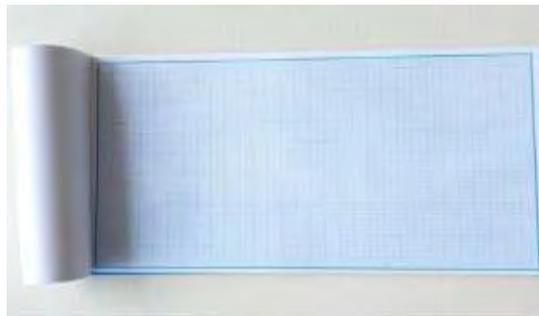
Tachometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan rotasi dari sebuah objek, biasanya dalam satuan putaran per menit (RPM). Alat ini umumnya digunakan dalam berbagai aplikasi industri, otomotif, dan teknik untuk memonitor.



Gambar 3.7. Tachometer

6. Kertas Milimeter

Kertas milimeter adalah jenis kertas yang memiliki tata letak berbentuk kotak-kotak dengan garis-garis vertikal dan horizontal yang membentuk jaringan persegi panjang dengan satuan milimeter. Kertas ini digunakan untuk membuat grafik, diagram, dan gambar teknis yang memerlukan pengukuran yang tepat. Kotak-kotak atau grid milimeter membantu mempermudah pengukuran dan pembuatan ilustrasi yang presisi.. Kertas milimeter dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

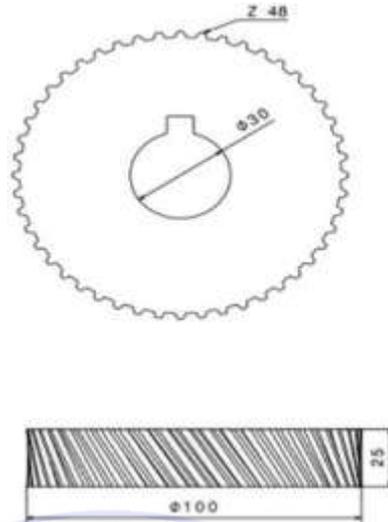


Gambar 3.8. Kertas Milimeter

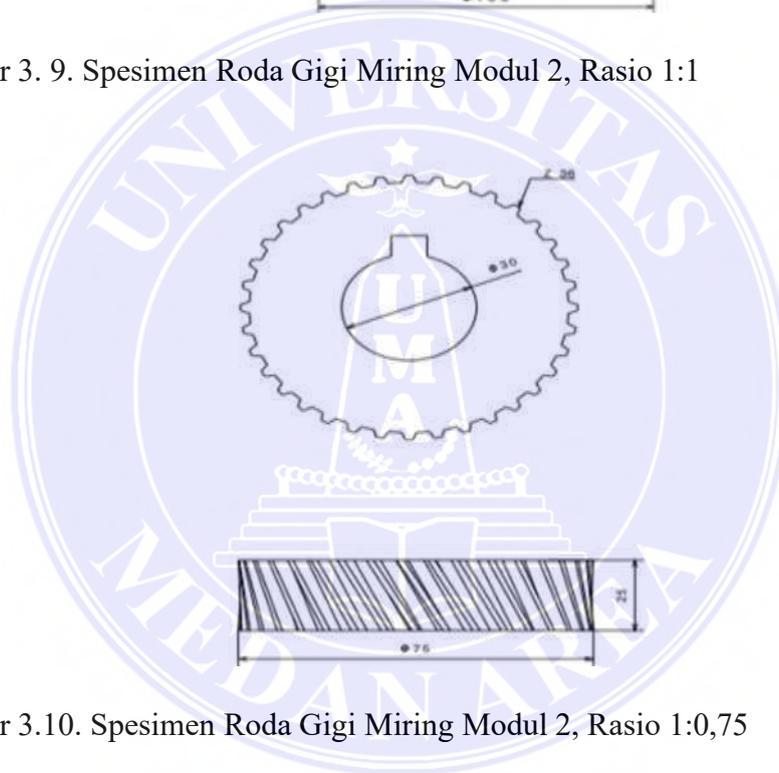
3.3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu secara metode eksperimen yang merupakan pembuatan atau set tindakan dan pengamatan yang dilakukan dan bertujuan untuk mencari tahu penyebab terjadinya keausan pada roda gigi yang diteliti. Sistematis pada analisis pada pembuatan rig uji keausan dan kelelahan roda gigi dengan sensor putaran dan beban adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur.
2. Mengumpulkan informasi tentang karakteristik roda gigi yang diambil dari berbagai sumber, termasuk spesifikasi teknis, material, dimensi, dan parameter desain.
3. Mengukur dimensi dan fitur fisik dari setiap roda gigi menggunakan kertas milimeter.
4. Membuat roda gigi miring menggunakan bahan polyethylene
5. Menguji dan menganalisis data yang diperoleh dari pengujian fisik dan simulasi dengan menggunakan metode statistik untuk mendapatkan informasi tentang kekuatan, daya tahan, dan karakteristik lainnya dari roda gigi.
6. Menganalisis hasil penelitian untuk menarik kesimpulan tentang kualitas, performa, dan perbandingan antara berbagai jenis roda gigi yang telah diteliti.



Gambar 3. 9. Spesimen Roda Gigi Miring Modul 2, Rasio 1:1



Gambar 3.10. Spesimen Roda Gigi Miring Modul 2, Rasio 1:0,75

3.4. Populasi dan Sampel

3.4.1. Populasi

Populasi penelitian ini terdiri dari berbagai jenis roda gigi miring yang digunakan dalam sistem transmisi mesin industri di berbagai sektor seperti manufaktur, pertambangan, otomotif, dan lain-lain. Populasi ini mencakup berbagai ukuran dan material roda gigi yang digunakan dalam berbagai aplikasi.

3.4.2. Sampel

Untuk membatasi penelitian, akan diambil sampel acak dari populasi di atas. Sampel penelitian ini akan terdiri dari 4 set roda gigi miring yang dipilih secara acak dari berbagai sektor industri yang telah disebutkan sebelumnya.

Tabel 3. 2. Sampel

No	Bahan	Modul (mm)	Rasio	Kondisi
1	Polyethylene	2	1:1	Kering dan
2			1:0,75	Terlumasi

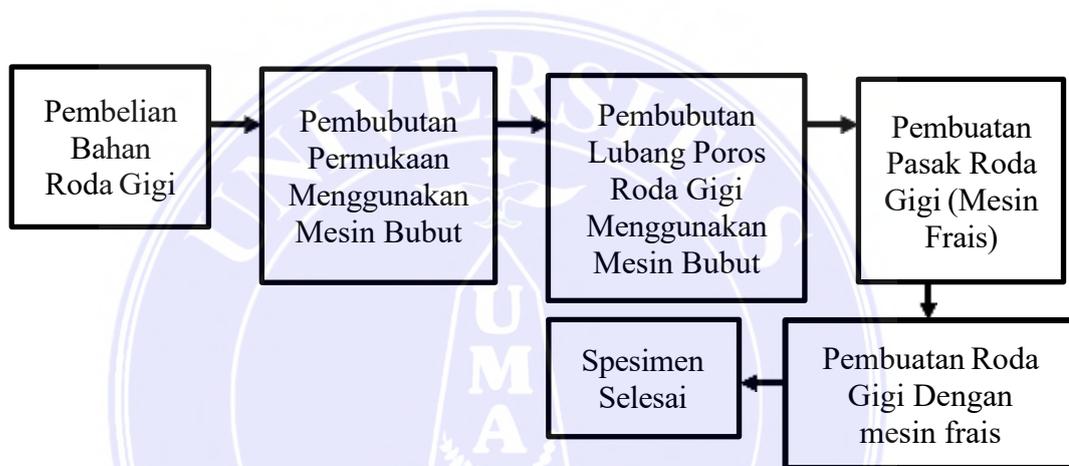
3.5. Prosedur Kerja

Berikut adalah prosedur kerja yang dilaksanakan :

1. Langkah pertama, scan kedua spesimen roda gigi diatas kertas milimeter dan print hasil scan.
2. Kedua, pasang spesimen roda gigi pada alat pengujian keausan dan pastikan spesimen sudah kencang pada mesin.
3. Ketiga, nyalakan mesin pengujian selama cycle yang ditentukan dan lakukan pengambilan data seperti beban dan putaran roda gigi ketika pengujian sedang berlangsung.
4. Setelah pengujian selesai maka spesimen roda gigi dikeluarkan dan discan Kembali.
5. Setelah itu, hitung luas penampang awal dan luas penampang akhir untuk mendapatkan banyak material yang hilang pada pengujian.

3.5.1. Proses Pembuatan Spesimen

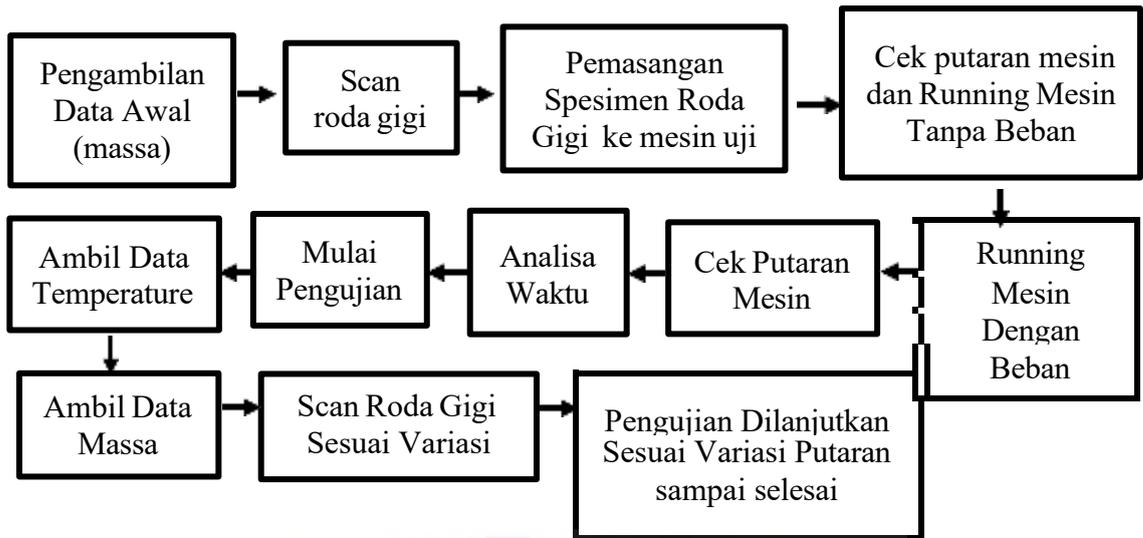
Proses pembuatan roda gigi lurus dari bahan pom melibatkan beberapa tahap yang penting dan terstruktur. Tahap pertama adalah pemilihan bahan, di mana Polyethylene dipilih karena sifat-sifatnya yang sesuai untuk aplikasi ini, seperti kekuatan, ketahanan terhadap aus, dan kemampuannya untuk dibentuk dengan presisi tinggi. Setelah bahan dipilih, langkah selanjutnya adalah desain dan perhitungan awal. Roda gigi yang dirancang memiliki 1 jenis rasio, yaitu 1:1,



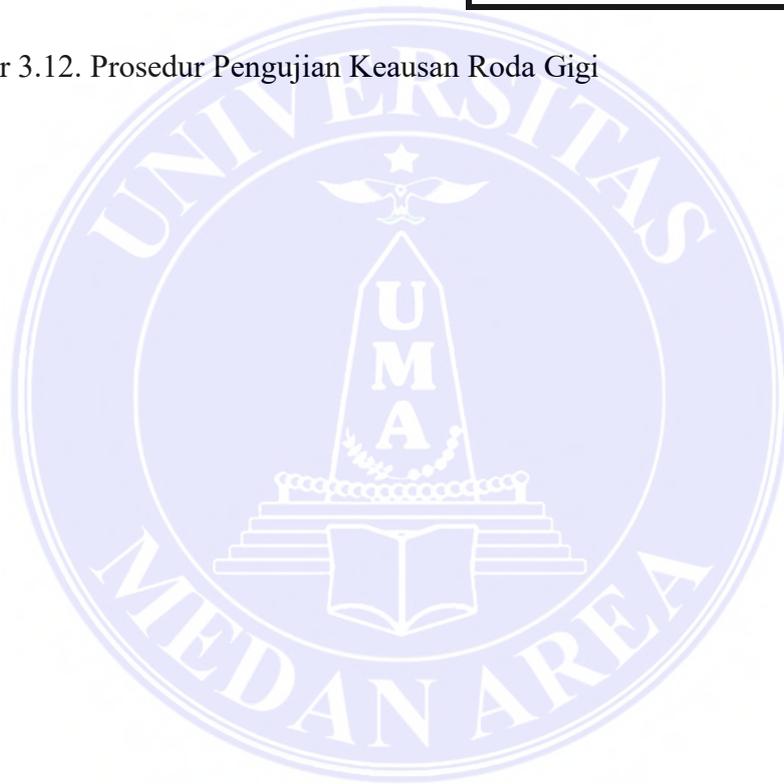
Gambar 3.11. Proses Pembuatan Roda Gigi

3.5.2. Proses Pengujian Keausan

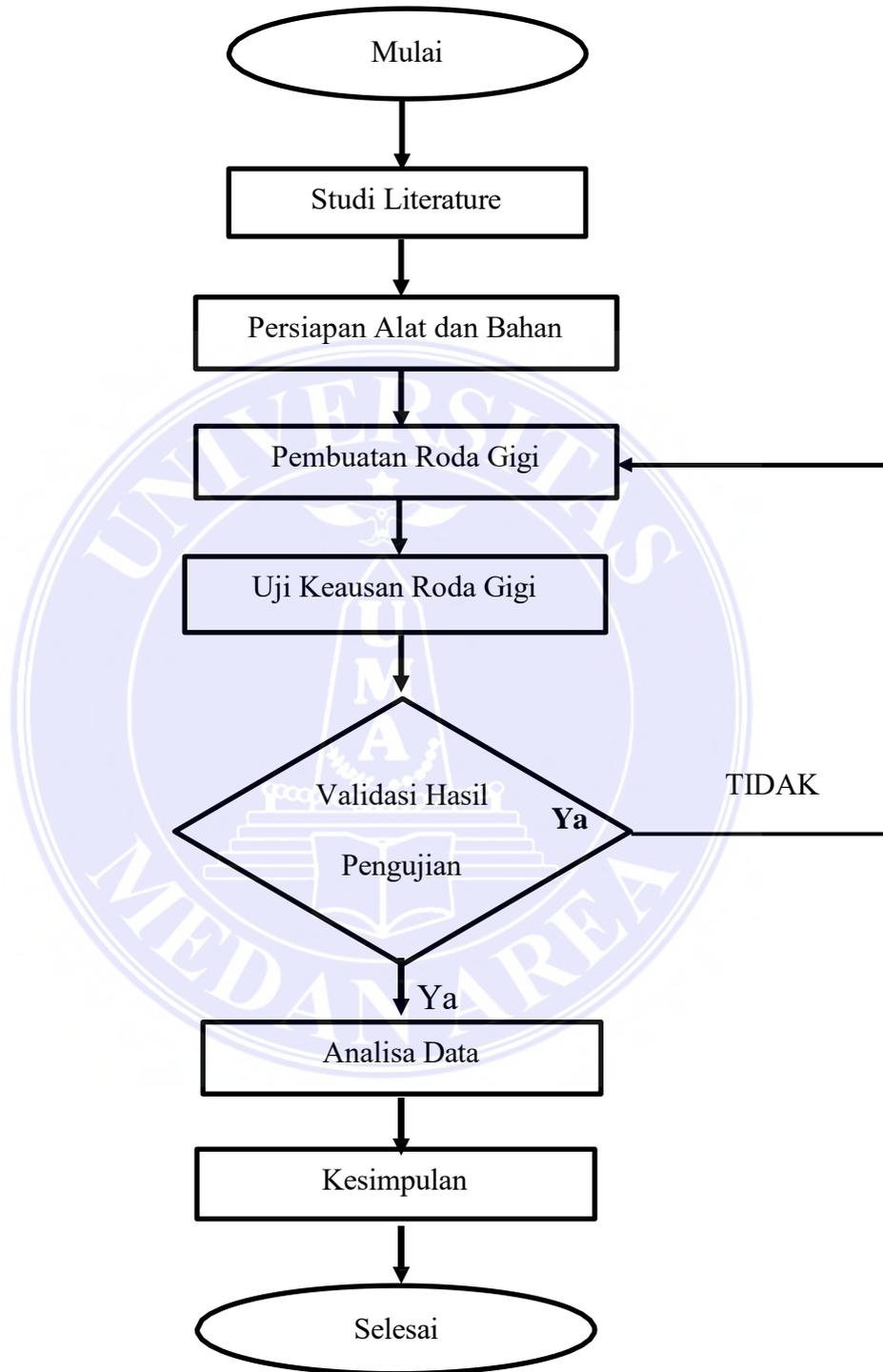
Tahap persiapan meliputi penentuan parameter pengujian dan penyiapan peralatan pengujian yang diperlukan. Selanjutnya, proses pengujian melibatkan pengujian keausan abrasif dengan menggunakan mesin uji gesek, di mana roda gigi mengalami gesekan untuk mensimulasikan kondisi operasional yang sebenarnya. Selama pengujian berlangsung, parameter seperti beban dan kecepatan dipantau dengan ketat



Gambar 3.12. Prosedur Pengujian Keausan Roda Gigi



3.5.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.13. Diagram Alir Penelitian

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai keausan roda gigi miring berbahan polimer dalam kondisi kering dan terlumasi, beberapa kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan spesimen roda gigi miring dengan bahan *polyethylene* menggunakan rasio 1:1 dan 1:0,75. Spesimen ini dibuat dengan modul 2. Berhasil dibuat sebanyak 4 set (8 pcs) roda gigi miring.
2. Pengujian ini berhasil dilakukan menggunakan metode eksperimen. Data menunjukkan bahwa pada kondisi kering dengan rasio 1:1, temperature pada putaran 3355 rpm sebesar 37,1°C mengalami kenaikan menjadi 42,5 °C pada putaran 20×10^4 rpm. Hal ini mengindikasikan bahwa gesekan yang terjadi antara gigi-gigi yang tidak dilumasi dengan baik mengakibatkan peningkatan suhu.
3. Hasil menganalisis pengaruh putaran dengan variasi rasio dan kondisi pengujian terhadap uji keausan spesimen yang dimana analisis yang telah ditemukan mencakup sejauh mana pengaruh putaran dan hasil pengaruh putaran sangatlah berpengaruh terhadap keausan yang terjadi dan berbeda-beda pada setiap rasio dan kondisi pengujian sesuai yang dilakukan

5.2. Saran

Adapun beberapa saran yang perlu disampaikan oleh penulis yaitu dijabarkan sebagai berikut.

1. Keamanan dan kesehatan kerja adalah aspek yang krusial dan harus diutamakan dalam proses manufaktur.
2. Simpan rig uji di lokasi yang terlindungi dari panas dan hujan untuk memastikan keandalan peralatan.



DAFTAR PUSTAKA

- Agha prabasworo. 2018. "Analisis Pengaruh Material PTFE (Teflon) Sebagai Pengganti Kuningan Pada Bearing Sterntube Kapal Ditinjau Dari Segi Teknis." *Journal Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS)*.
- Budynas, Richard G, J Keith Nisbett, and Kuei-Yuan Chan. 2011. *Shigley's Mechanical Engineering Design 9 Th Edition in SI Units 9 Edition in SI Units Chapter 13 p Gears-General*.
- Djunaidi, Rita. 2016. "Pengaruh Pelapisan Serbuk Stellite 6 Dengan Proses Logam Nyala Api Oksi Asetelin Terhadap Ketahanan Aus." *Jurnal Teknik "Teknika" ISSN: 2355-3553 Vol.3 NO.2*.
- Dwi Rahdianta. 2019. *Pengefraisan Roda Gigi Lurus Dan Rack*. Yogyakarta.
- Faisal, Reza Arfi, Nur Aidi Ariyanto, Ahmad Faoji, and Amin Nur Akhmadi. 2020. "Analisis Kekerasan Pada Roda Gigi Hasil Pengerasan Menggunakan Pemanas Induksi." *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi* 3(2): 121–27. <http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME/article/view/5274>.
- I. Syafa'at. 2008. "Sejarah Tribologi, Daerah Pelumasan Dan Keausan (ISyafa'at)." *Universitas Wahid Hasyim Semarang Vol. 4, No.2: 21–26*.
- Ikhshan, Khairul, and A Jannifar. 2018. "Rancang Bangun Alat Simulator Gearbox Untuk Pengujian Kinerja Minyak Pelimas." *Jurnal Mesin Sains Terapan Vol. 2. No. 2*.
- M. Yusuf Rahmansyah Siahaan, Rakhmad Arief Siregar, Faisal Amri Tanjung, Agung Saktiawan. 2023. "Analisis Karakteristik Bahan Tembaga Akibat Pengaruh Proses Penempaan Terhadap Kekuatan Impak." *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi* 6(1).
- MMT Siregar, Richard, and Ikhwansyah Isranuri. 2015. *23 Kajian Perilaku Getaran Torsional Untuk Deteksi Kerusakan Roda Gigi Lurus*. Oktober.
- Siregar, Rakhmad Arief, Muhammad Yusuf Rahmansyah Siahaan, and Riki Juliansyah. 2021. "Simulasi Numerik Tentang Pengaruh Geometri Mandibula Yang Direkonstruksi Terhadap Tegangan von Mises." *Journal of Mechanical Engineering Manufactures Materials and Energy* 5(2): 187–93.
- Nugroho, Yoga Restu, and Rochmad Winarso. 2019. *2 Jurnal Crankshaft Rancang Bangun Mekanisme Ulir Dan Roda Gigi Cacing Pada Meja Mesin Planer Otomatis*. Online.
- Osakue, Edward, Edward E Osakue, and Lucky Anetor. 2016. *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology Spur Gear Design: Some New Perspectives*. <http://ijret.esatjournals.org>.
- Paxton, Naomi C., Mark C. Allenby, Philip M. Lewis, and Maria A. Woodruff. 2019. "Biomedical Applications of Polyethylene." *European Polymer Journal* 118: 412–28.
- Raharja, Bagus Setya, and I Made Sunada. 2018. "Analisa Keausan Roda Gigi Lurus Secara Mikroskopik Dengan Variasi Beban." *Jurnal Teknik Mesin* 14(2): 299–305.
- Yusuf, Muhammad, R Siahaan, Rakhmad Arief Siregar, and Faisal Amri Tanjung. 2023. *2023 Original Research Paper sInternational Journal of Intelligent*

- Systems and Applications in Engineering IJISAE *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering Optimized Flexural Strength of Aluminium Honeycomb Sandwiches Using Fuzzy Logic Method for Load Bearing Application*. www.ijisae.org.
- Ramadhani, Ally, and R Djoko Andrijono. 2017. Rancang Bangun Sistem Transmisi Roda Gigi Miring Pada Alat Pemutar Penegang Rantai Tank AMX-13.
- Sabilil Huda Al Hakiki, Dwisetiono. 2021. “Analisa Sistem Pelumas Menggunakan Metode FMEA Guna Mengetahui Kegagalan Sistem.” *Jurnal Inovasi Sains Dan Teknologi Kelautan* Vol.2. No.3.
- Setya Raharja, Bagus, and I Made Sunada. 2018. “Analisa Keausan Roda Gigi Lurus Secara Mikroskopik Dengan Variasi Beban.” Vol-14 Edisi-2: 299–305.
- Siroid Hantoro, Tiwan. 2006. “Desain Profil Gigi Roda Gigi Lurus Dengan Sistem Koordinat.” *Journal TEKNOIn* VOL. 11, No.1.: 13–24.
- Zaenal Abidin. 2010. “Mekanisme Keausan Pahat Pada Proses Pemesinan.” *urusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang* Vol. 6, No.1.: 9–16.

